

岩手山とその周辺地域の地殻変動*

Crustal deformation at Mt. Iwate and its surrounding area

国土地理院

Geographical Survey Institute

1998年3月頃から岩手山とその周辺地域を震源域とする火山性の地震活動が活発になった。

国土地理院では観測を強化するため岩手山の山腹と周辺に臨時のGPS連続観測点を6月及び10月に設置し、さらに11月からは、山頂周辺に1波受信機による独立運用型の連続観測装置を配置して、総合的に連続観測を実施している。また、光波測距儀による自動観測装置(APS)も設置し8月から観測を続けている。さらに、宇宙開発事業団より地球資源衛星「ふよう1号」(JERS-1)の観測データの提供を受け、干渉合成開口レーダー手法(InSAR)による地殻変動解析も実施している。

図1-1から図1-4に、GPS連続観測(2波)による基線長の時系列を、図2-1から2-2に、1波によるGPS観測結果の時系列を、図3-1から図3-3に地震後、約1ヶ月、2ヶ月、及び4ヶ月間の地殻変動を表すベクトル図を、図4-1から4-3にAPS観測結果を、さらに、図5-1から5-3に合成開口レーダーの解析結果をそれぞれ示す。

岩手山周辺では、1998年3月頃から火山性地震活動が活発になったが、周辺のGPS連続観測の地殻変動を示す変化は2月頃から始まり、顕著な変動が半年ほど続いた後、9月3日、岩手山の南西を震源とするM6.1の地震が発生した。

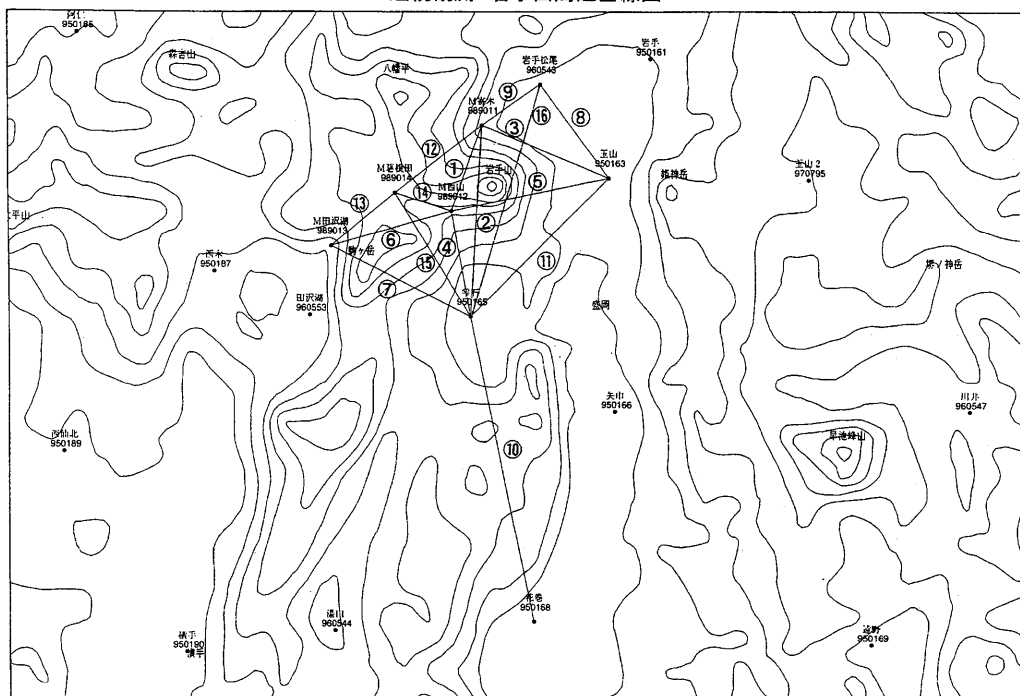
GPSやAPSのいくつかの基線において、地震に伴うco-seismicな変動が捉えられており、これらは基本的に南北走行、東西圧縮の逆断層のメカニズムと調和的である。図1の一連の時系列からわかるように、地震を境として、⑦M田沢湖-雫石、⑩雫石-花巻、⑬岩手松尾-雫石等の基線において基線長の変化が停止したように見えるものの、①M寄木-M西山、②M寄木-雫石、④M西山-雫石等、特に、岩手山の西側の観測点を含む基線においては、微小ではあるが、まだ変化が継続しているように見える。この傾向は、図4の一連のAPS観測結果においても認められ、岩手山の西側のR06、及びR07と機械点の間において、それぞれ地震後も基線長が伸びていることが確認され、岩手山の西側では、地殻変動が継続していることが示唆される。

また、1997年11月と地震直後の1998年9月を比較した合成開口レーダー画像の解析から、断層周辺に局在するco-seismicな変動とともに、岩手山西側の葛根田のやや北方(深さ約7km)を中心する茂木モデル的な膨張源を強く示唆する地殻変動があったことが明らかになっている。地震後の変化が継続している観測点もこの茂木モデルが推定される位置の周辺に分布していることが興味深い。

干渉合成開口レーダーの解析から、観測された地殻変動パターン図5-1を再現するため、震源断層と茂木モデルの組み合わせを拘束条件とし、インバージョンを試みたところ、図5-2のように地殻変動が再現された。決定された茂木モデルは深さ約7kmで、図5-2の黒丸がその中心である。画像が挟む期間が1997年11月から地震直後までの間であることから、この茂木モデル的な膨張は地震の前に発生していた可能性が高く、周辺で実施された水準測量でもこのあたりの隆起が示唆されている。また、4月-7月間の画像でもこの場所の隆起が確認され、この茂木モデルによる隆起は中心の直上で約10cmであったと推定される。図5-3は、この膨張源を仮定して推定した、9月3日のM6.1地震を加速させる歪み変化成分分布(ΔCFF)である。地震を発生させる歪み変化成分(ΔCFF)の大きいところ(図5-3の黒い■)から地震が始まっていること、この場所の ΔCFF が地震による応力降下量の約10%程度と大きいことから、地震に先立つ火山性の膨張がきっかけとなって地震が惹起されたという解釈が可能である。

* Received 16 Apr., 1999

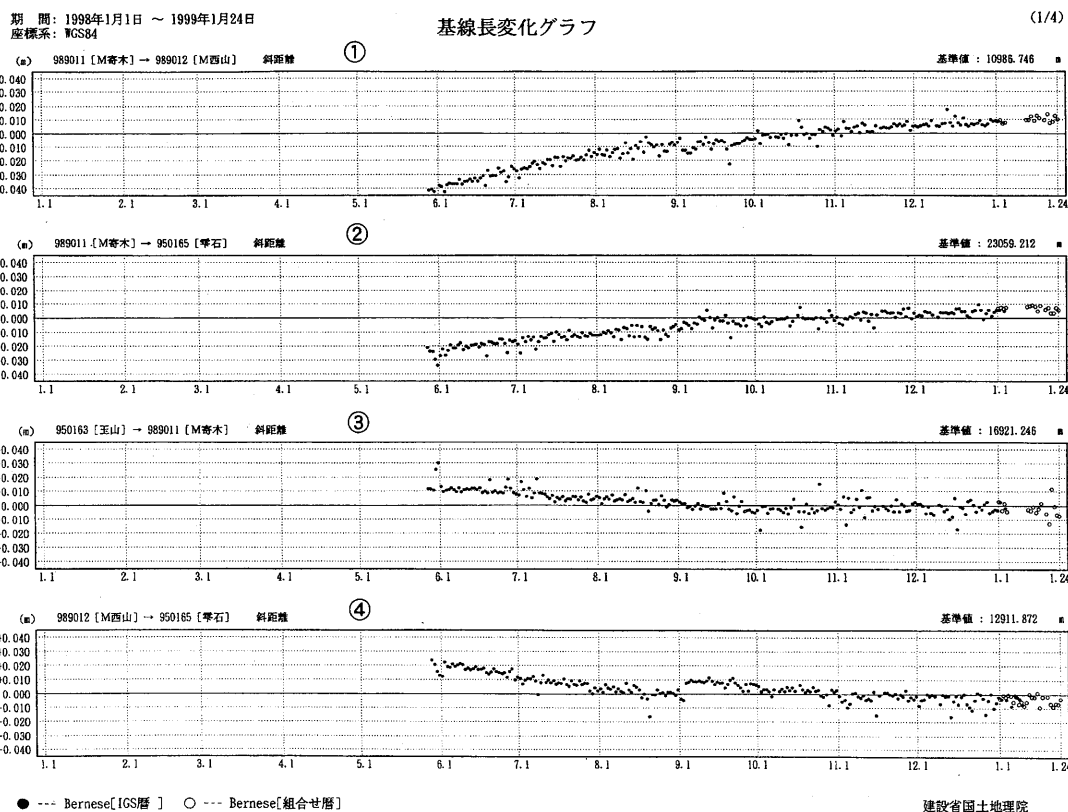
GPS 連続観測 岩手山周辺基線図



建設省国土地理院

第 1-1 図 岩手山周辺のGPS連続観測配点図 (2 周波)

Fig. 1-1 Map showing the continuous GPS observation points (dual frequency) around Mt. Iwate.



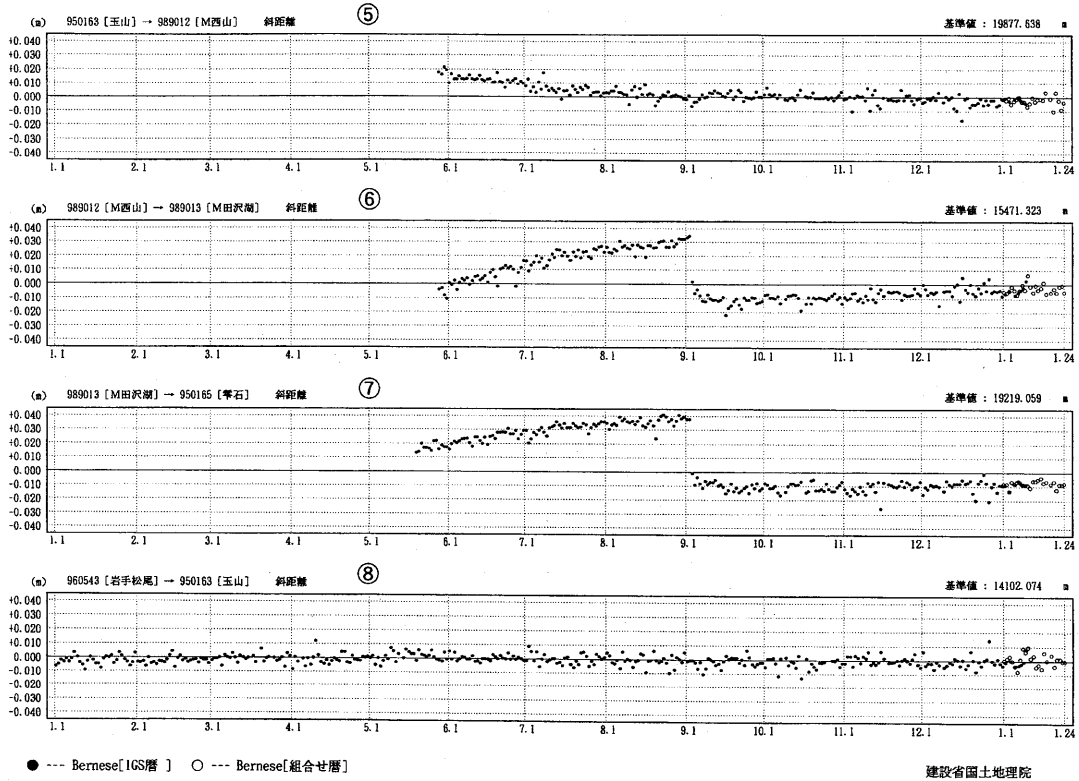
第 1-2 図 岩手山周辺各GPS観測点間の基線長変化1998年1月-1999年1月

Fig. 1-2 Time Series of distance between GPS observation points around Mt. Iwate. 1998 Jan. -1999 Jan..

期 間：1998年1月1日 ~ 1999年1月24日

基線長変化グラフ

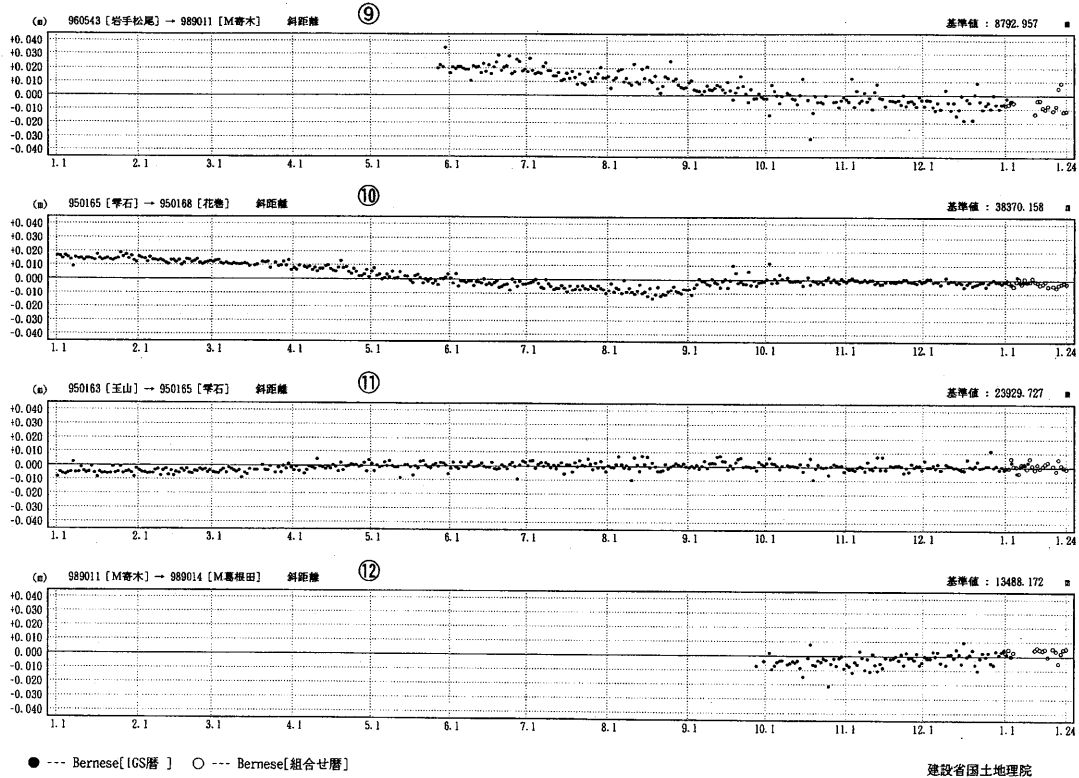
(2/4)



期 間：1998年1月1日 ~ 1999年1月24日

基線長変化グラフ

(3/4)



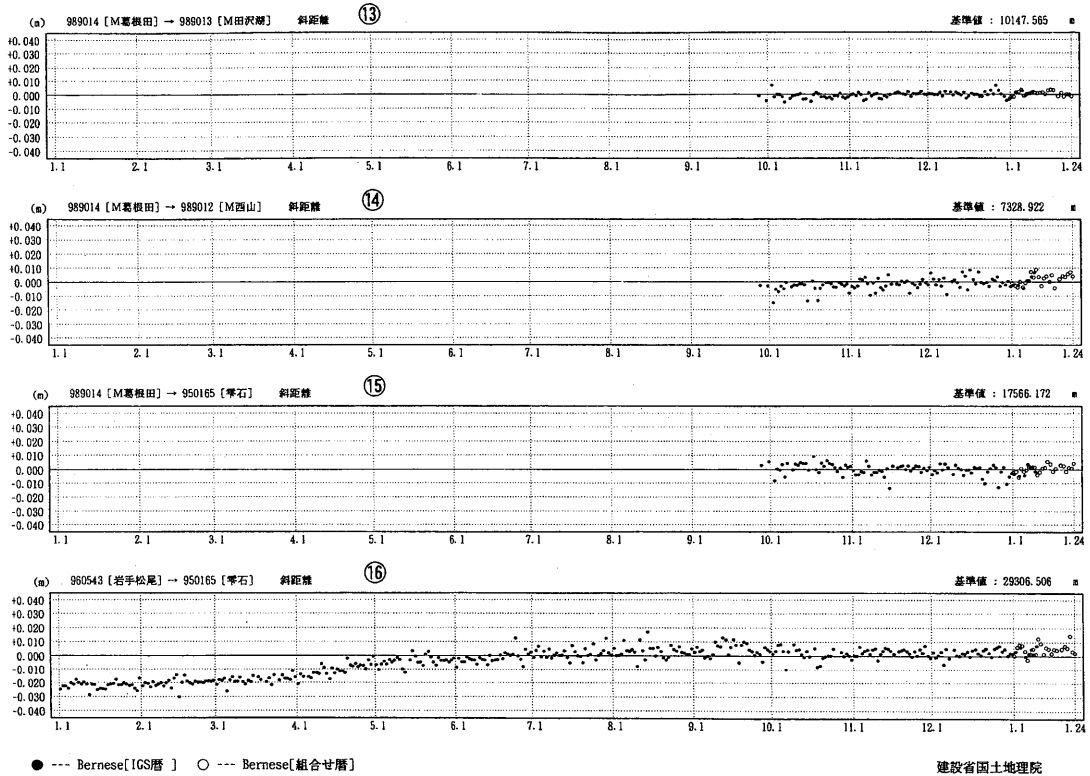
第 1 - 3 図 岩手山周辺各GPS観測点間の基線長変化1998年1月-1999年1月

Fig. 1 - 3 Time Series of distance between GPS observation points around Mt. Iwate. 1998 Jan. -1999 Jan..

期間：1998年1月1日～1999年1月24日

基線長変化グラフ

(4/4)

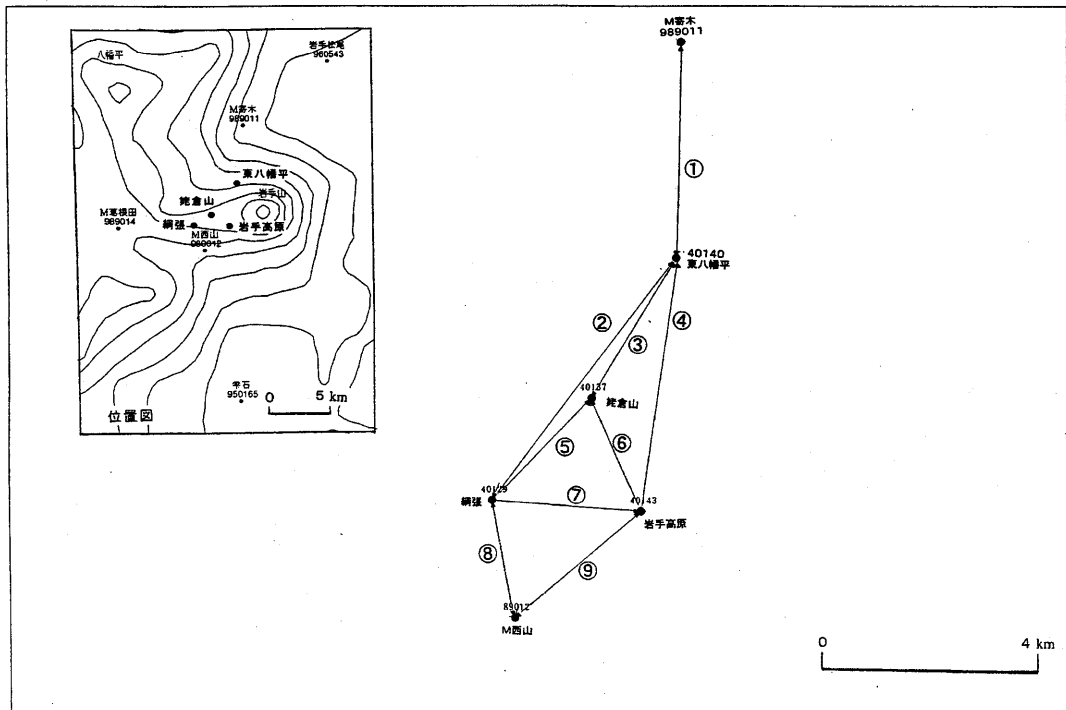


建設省国土地理院

第 1 - 4 図 岩手山周辺各GPS観測点間の基線長変化1998年1月-1999年1月

Fig. 1 - 4 Time Series of distance between GPS observation points around Mt. Iwate. 1998 Jan. -1999 Jan..

GPS連続観測 岩手山周辺基線図



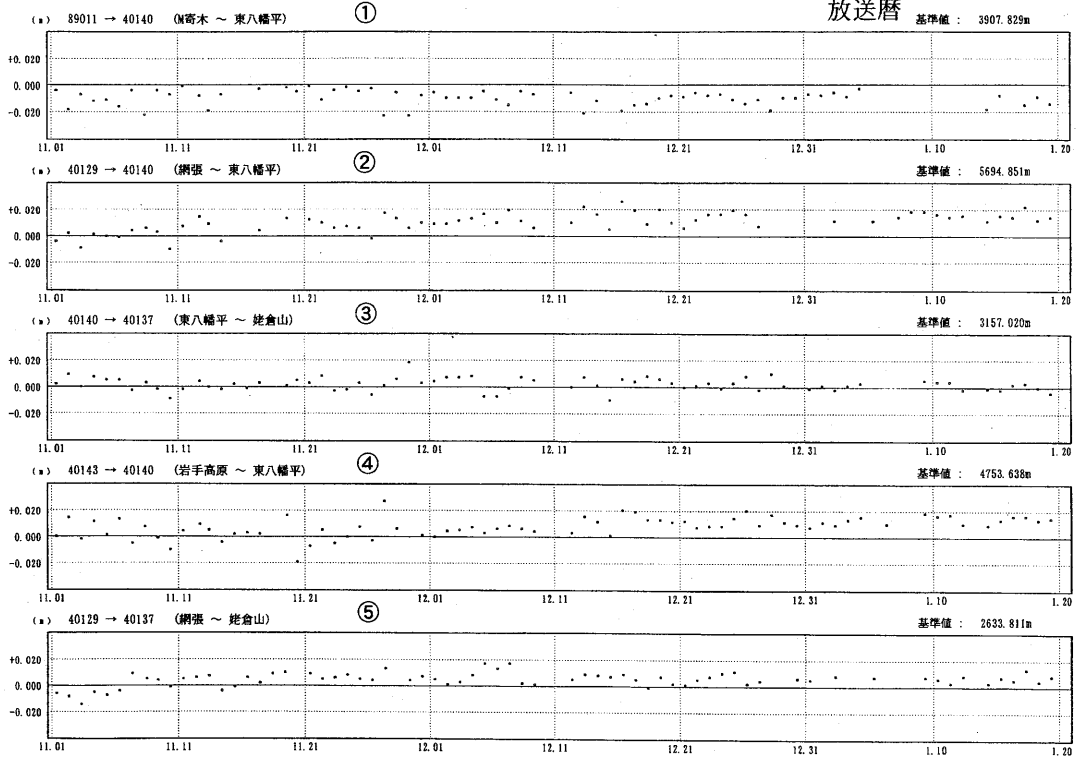
第 2 - 1 図 岩手山周辺のGPS連続観測配点図 (1周波)

Fig. 2 - 1 Map showing the stand-alone continuous GPS observation points (single frequency) around Mt. Iwate.

基線長変化

放送暦

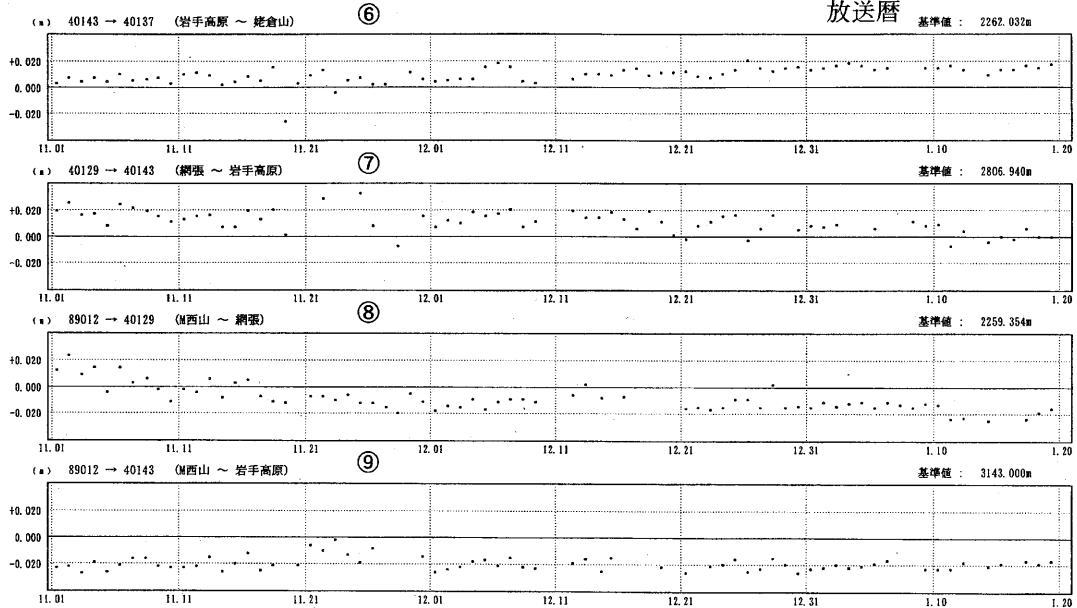
1999年1月19日



基線長変化

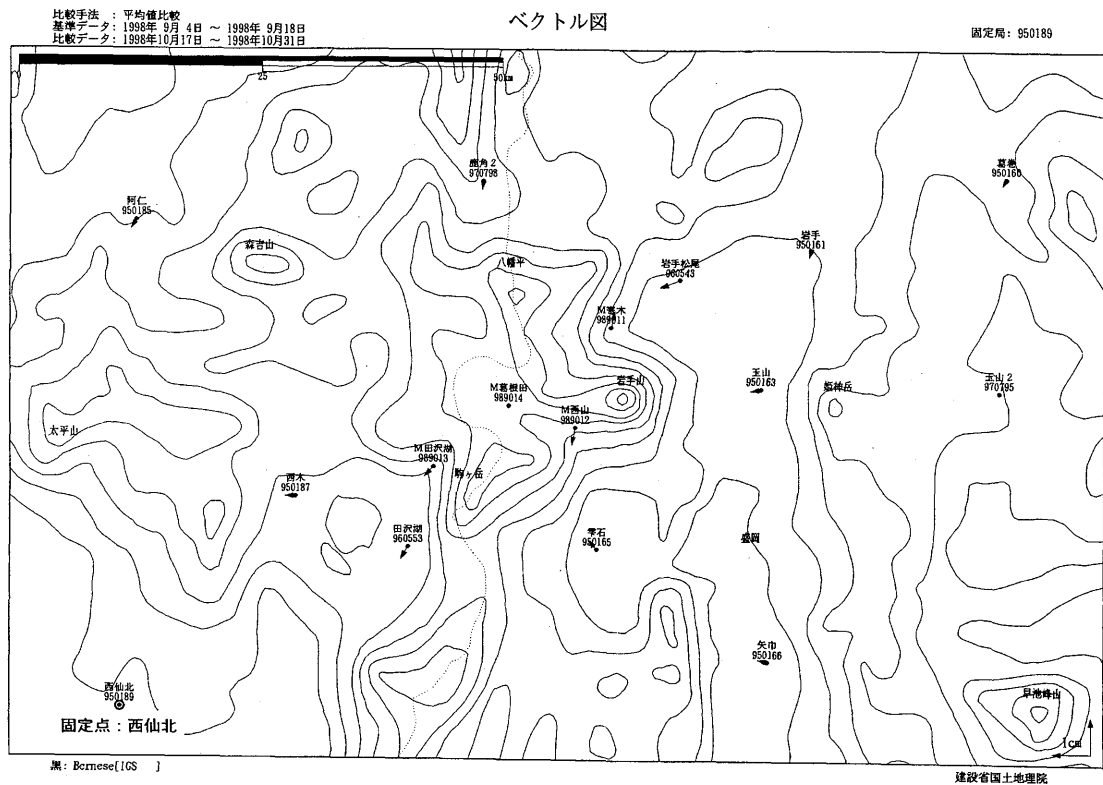
放送暦

1999年1月19日



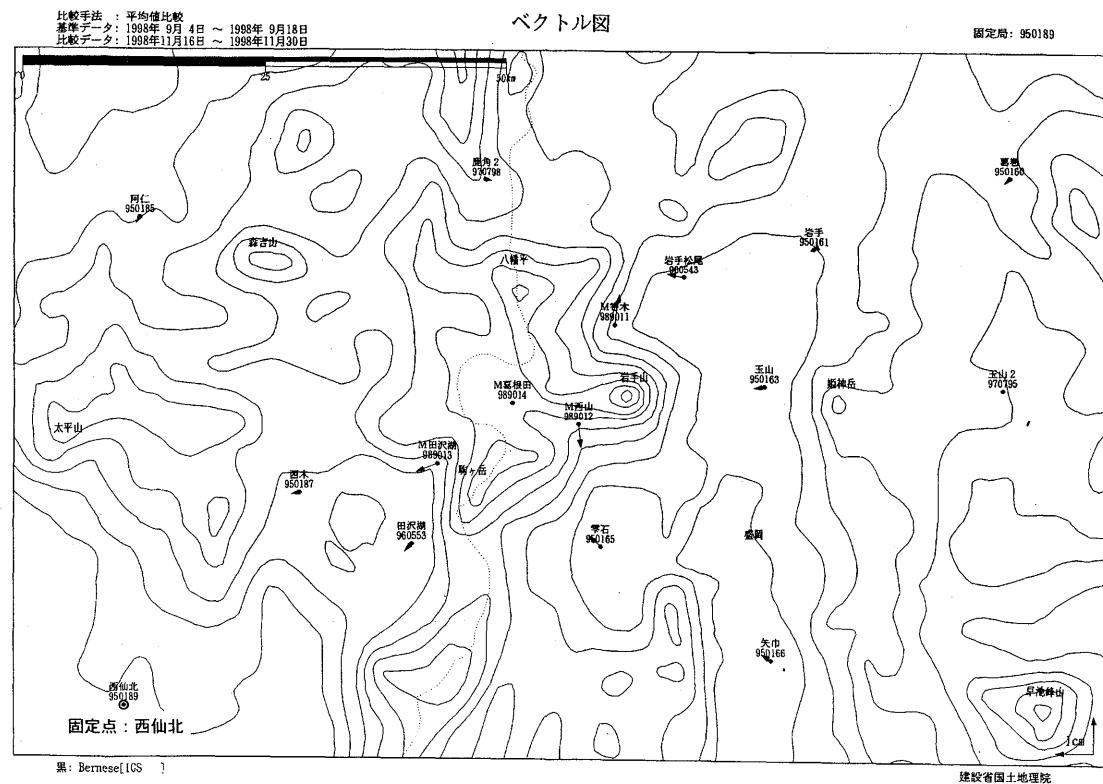
第2-2図 岩手山周辺各GPS観測点間の基線長変化1998年1月-1999年1月

Fig. 2-2 Time Series of distance between GPS observation points (single frequency) around Mt. Iwate. 1998 Nov. -1999 Jan..



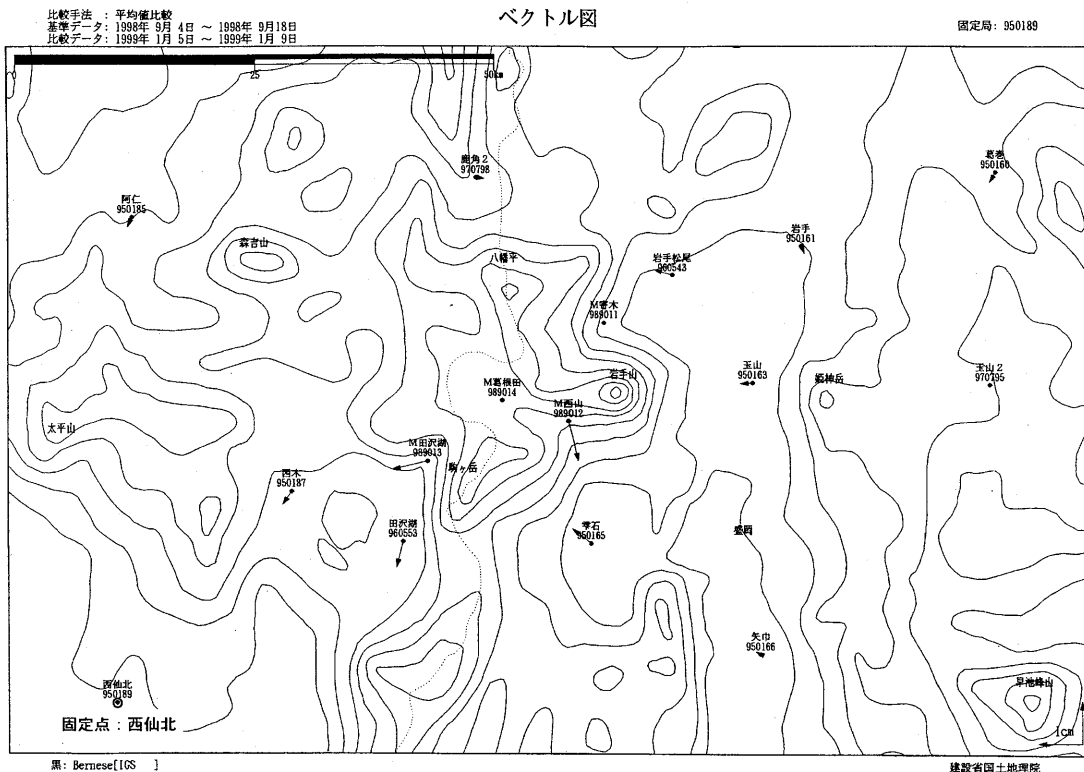
第3-1図 岩手山周辺の水平地殻変動 期間：1998年9月11日～1998年10月24日
 固定点：西仙北

Fig. 3-1 Horizontal crustal displacement around Mt. Iwate during the period from September 11, 1998 to October 24, 1998. Fixed point is Nishisenboku.



第3-2図 岩手山周辺の水平地殻変動 期間：1998年9月11日～1998年11月23日
 固定点：西仙北

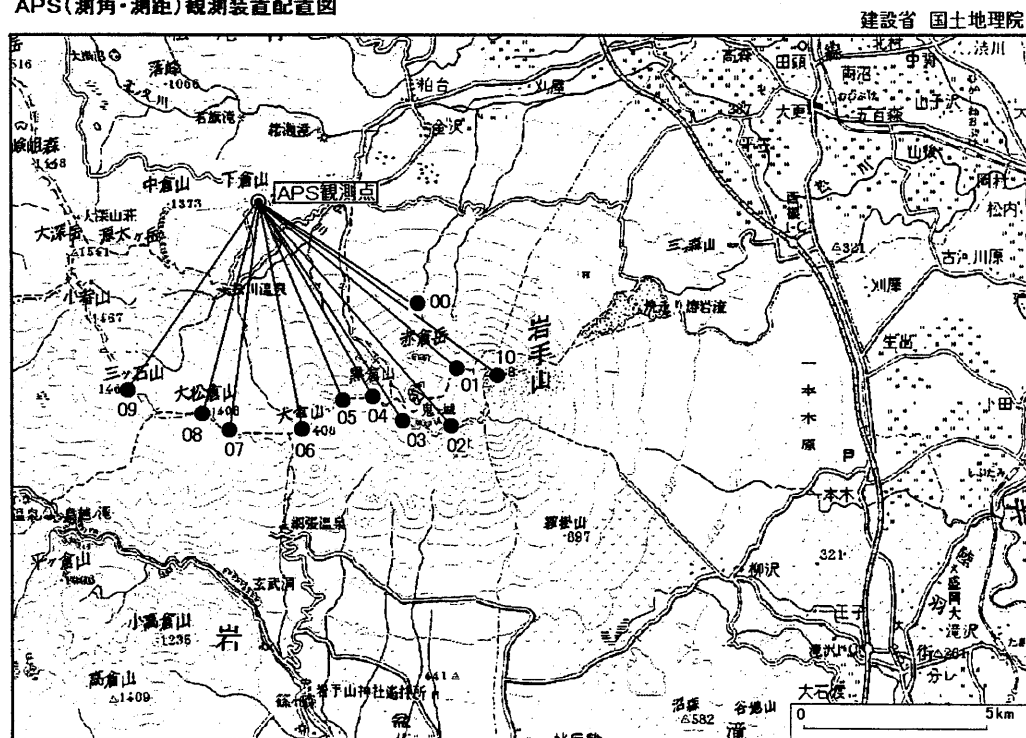
Fig. 3-2 Horizontal crustal displacement around Mt. Iwate during the period from September 11, 1998 to November 23, 1998. Fixed point is Nishisenboku.



第 3-3 図 岩手山周辺の水平地殻変動 期間：1998年 9月 11日 ~ 1999年 1月 7日
固定点：西仙北

Fig. 3-3 Horizontal crustal displacement around Mt. Iwate during the period from September 11, 1998 to January 7, 1999. Fixed point is Nishisenboku.

APS(測角・測距)観測装置配置図



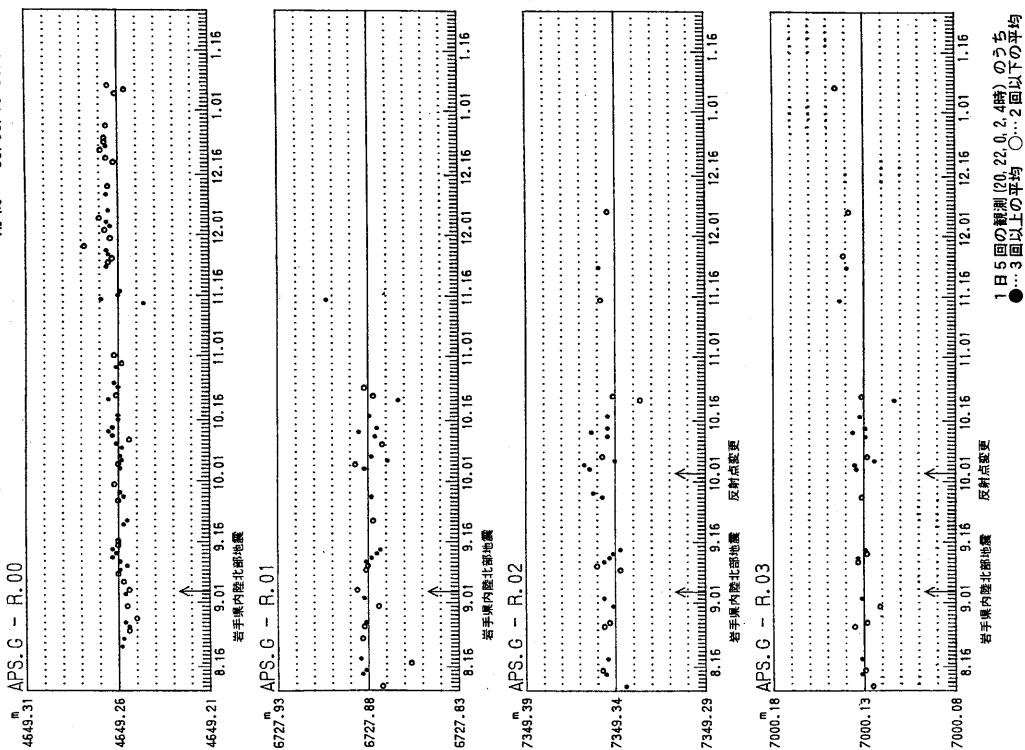
第 4-1 図 岩手山周辺の自動辺長連続観測 (APS) 配点図

Fig. 4-1 Map showing the stand-alone continuous EDM observation (APS) points (one Transmitter site and nine Reflector sites) around Mt. Iwate.

岩手山連続観測（辺長）日平均結果

建設省国土地理院

期間 98/08/10-99/01/25



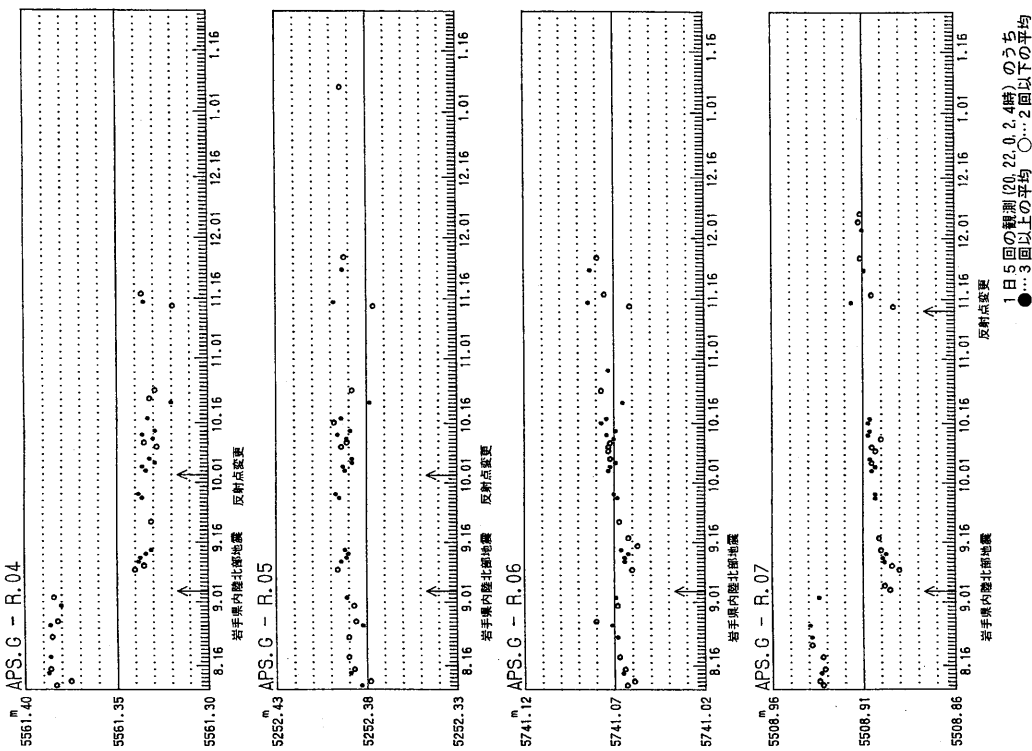
第 4 - 2 図 岩手山周辺各APS観測点間の基線長変化1998年8月-1999年1月

Fig. 4 - 2 Time Series of observed distances by APS around Mt. Iwate. 1998 Aug. -1999 Jan..

岩手山連続観測（辺長）日平均結果

建設省国土地理院

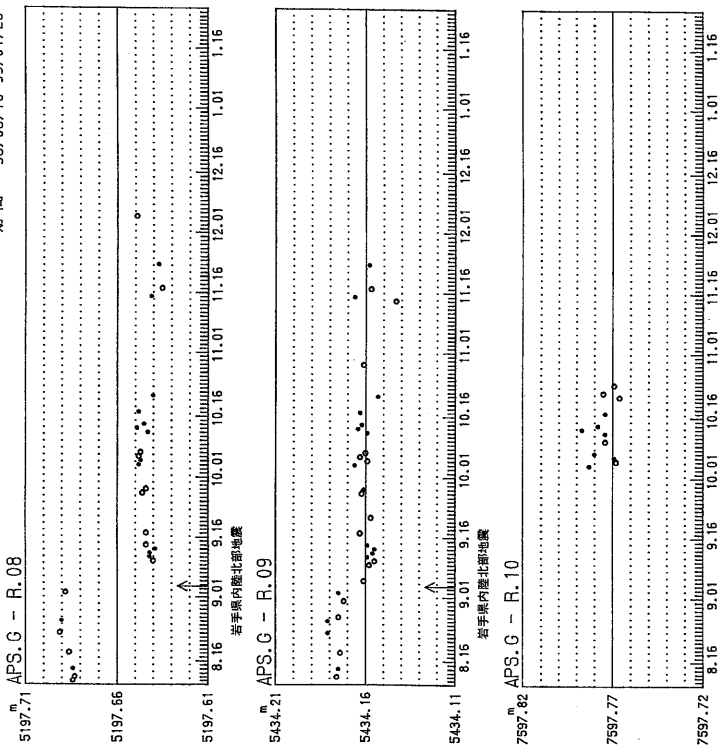
期間 98/08/10-99/01/25



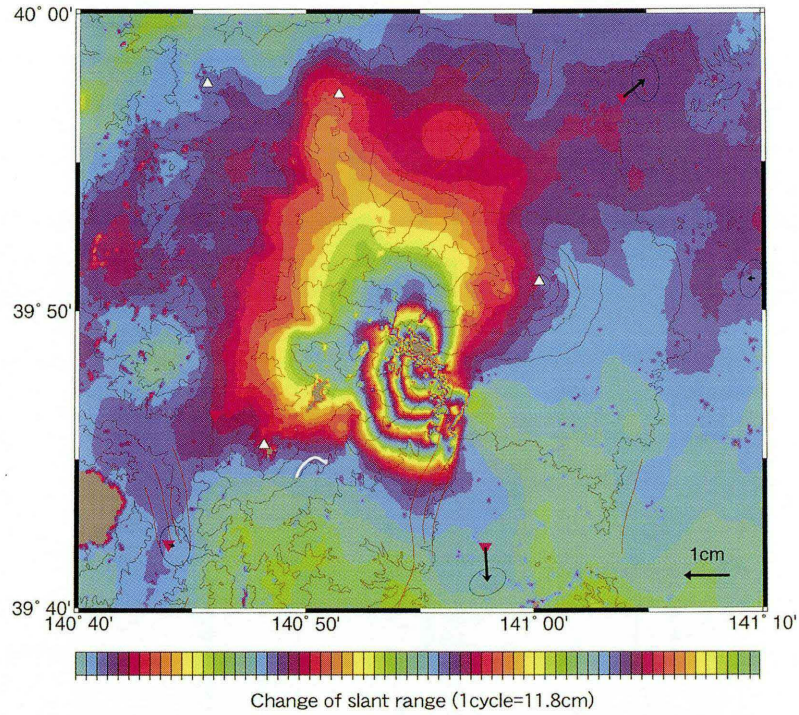
岩手山連続観測（辺長）日平均結果

建設省国土地理院

期間 98/08/10-99/01/25

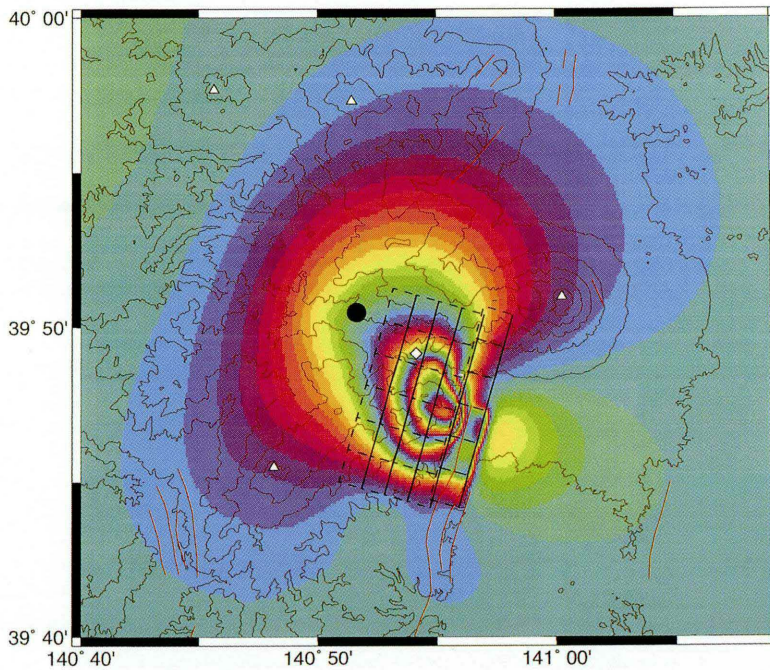


第 4 - 3 図 岩手山周辺各APS観測点間の基線長変化(1998年 8 月 - 1999年 1 月)
 Fig 4 - 3 Time Series of observed distances by APS around Mt. Iwate.
 1998 Aug. -1999 Jan. .



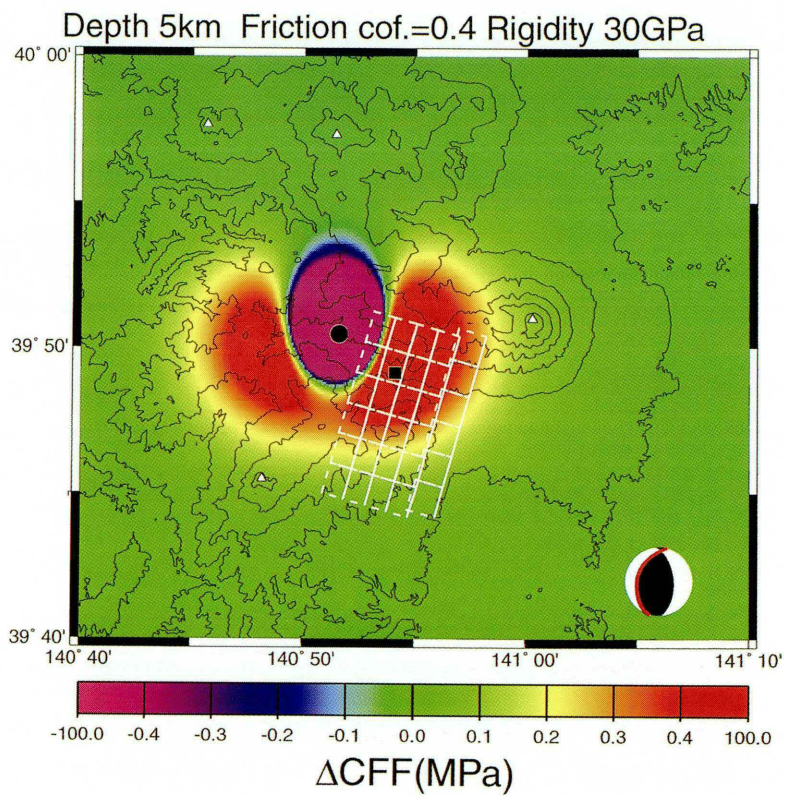
第 5 - 1 図 地球資源衛星「ふよう 1 号」合成開口レーダー干渉図 (1997 年 11 月 9 日 - 1998 年 9 月 9 日)。カラー
スケールの 1 周期が 11.8cm の衛星の視線方向の地殻変動を表す。

Fig. 5 - 1 Interferogram derived from JERS-1 SAR observed on Nov. 9, 1997 and Sept. 9, 1998 depicting
crustal deformations around Mt. Iwate. One cycle of the color scale corresponds to 11.8 cm line
of sight distance change between the JERS-1 satellite and ground surface.



第 5 - 2 図 震源断層と茂木モデルを仮定したインバージョン結果によるシミュレーション干渉図。震源断層を
メッシュで、茂木モデルの位置を黒丸でそれぞれ示す。茂木モデルの深さは約 7 km である。

Fig. 5 - 2 Simulated Interferogram based on an inversion result assuming a earthquake source mechanism
and a Mogi-inflation source with a depth of 7 km. The position of Mogi source is indicated
by a black circle. The fault model is shown by a mesh.



第 5 - 3 図 推定された茂木モデルの膨張が誘起する ΔCFF の分布図。 ΔCFF の大きい箇所で断層が滑り始めている (黒い■の点)。

Fig. 5 - 3 Distribution of ΔCFF caused by the Mogi-inflation source. The 1998/09/03 earthquake (M6.1) started from the hypocenter denoted by the black square located in the area of large ΔCFF .